

# カード操作方式に基づくプログラミング学習支援システムにおける カード順列フィードバック機能の評価

## Evaluating Card Order-Based Feedback Function of a Card Operation-Based Programming Learning Support System

姫井 貴雅<sup>\*1</sup>, 松本 慎平<sup>\*1</sup>, 岩井 健吾<sup>\*2</sup>, 林 雄介<sup>\*3</sup>, 平嶋 宗<sup>\*3</sup>  
Atsunori HIMEI<sup>\*1</sup>, Shimpei MATSUMOTO<sup>\*1</sup>, Kengo IWAI<sup>\*2</sup>  
Yusuke HAYASHI<sup>\*3</sup>, Tsukasa HIRASHIMA<sup>\*3</sup>

<sup>\*1</sup> 広島工業大学情報学部

<sup>\*1</sup> Faculty of Applied Information Science, Hiroshima Institute of Technology  
Email: {bl18094, s.matsumoto.gk}@cc.it-hiroshima.ac.jp

<sup>\*2</sup> 山陽女子短期大学人間生活学科

<sup>\*2</sup> Department of Human Life Studies, Sanyo Women's College  
Email: iwai@sanyo.ac.jp

<sup>\*3</sup> 広島大学大学院工学研究科

<sup>\*3</sup> Graduate School of Advanced Science and Engineering, Hiroshima University  
Email: {hayashi, tsukasa}@lel.hiroshima-u.ac.jp

あらまし：意味のある部分間の関係を考えるプログラミング学習において課題外在性負荷を減らすため、カード操作方式による学習支援システムが開発されている。このシステムを用いて行われた学習の質を評価するため、その学習ログデータを知識工学の考え方にに基づき分析したところ、学習課題によっては不適切な学習活動が増加する傾向が確認された。具体的には、学習者にとって難しすぎる学習課題が提示された場合、フィードバックとして与えられたヒントのみを頼りに網羅的に探索すること(知識無し解法)の合理性が示唆された。既存のシステムで学習者が回答を行った際、実行結果や正誤と共に、カード順列に応じたヒントがフィードバックとして学習者に提示される。このカード順列に基づいたフィードバックが、不適切な学習活動の主要因だと考えられるが、これはあくまで仮説であり、現在までに確かにされていない。そこで本研究では、カード順列に基づいたフィードバック機能が知識無し解法の合理性の主要因となることを実験的に明らかにすることを目的とする。

キーワード：プログラミング、カード操作方式、フィードバック

### 1. はじめに

意味のある部分間の関係を考えるプログラミング学習において課題外在性負荷を減らすため、カード操作方式による学習支援システム(以降、従来システム)が開発されている<sup>(1)</sup>。大学講義で従来システムを導入した結果、非本質的な認知負荷を減らしながら、教授者が意図した学習活動に集中できていたこと、とりわけ初学者にとって有効な学習方法であることが示唆された。従来システムの学習効果をより高めるため、その学習ログデータの分析が進められている。著者らのこれまでの取り組みの中で、学習ログデータを知識工学の考え方にに基づき分析したところ、適切な学習活動を行っていない学習者の存在が確認された。具体的には、知識を用いず、フィードバックとして与えられたヒントのみを頼りに網羅的に探索すること(知識無し解法)の合理性が示唆された。従来システムでは、学習者が回答を行った際、3種類のフィードバック、プログラムの実行結果、正誤、カード順列の正しさ、が提示されるようになっている。先行研究では、カード順列の正しさをフィードバックすること自体の有用性が明らかにされている<sup>(2)</sup>。一方、この中で、カード順列の正しさを伝えるフィードバック機能が原因となり、知識無し解法が

合理的戦略として学習者に採用されていた可能性が著者等の学習ログデータ分析により確認された。ここで、先行研究の報告と矛盾した結果が導き出された理由として、先行研究で行っていた実験では学習者に適切な難易度の課題が与えられており、このことで矛盾した結果が得られた可能性が高いと結論付けた。すなわち、学習課題の難易度が学習者にとって高すぎる場合、知識を用いた解法を設計できず、そのことで知識無し解法が適用されていたと推測できるが、現在までに明らかにされた訳ではない。よって本研究では、学習課題の難易度が相対的に高すぎる場合、カード順列に基づいたフィードバック機能が知識無し解法の合理性の主要因となることを実験的に明らかにすることを目的とする

### 2. カード操作方式による学習支援システム

従来システムは、問題文とプログラムコードの書かれたカードを提示し、学習者は問題文の処理にあるようにカードを並び替える演習を支援する Ruby on Rails で開発された Web アプリケーションである。従来システムはカード設定位置の適切さを 3 パターンの色で学習者にフィードバックする。具体的には、正誤確認時、回答欄に設定されたカードの選択と位



図1 カード順列に応じたフィードバック

置が共に正しければ青色，カードの選択のみ正しく場所が間違っていれば黄色，ダミーカードが選択されていれば赤色がカードに表示される．学習者はこの3色と実行結果を手掛かりに，正解とのギャップを確認できるようになっている．色によるフィードバック機能がある場合とない場合を図1に示す．従来システムは，カード操作方式のみでプログラミングの全てが学べるとは考えていない．文法等の行内の活動に集中した演習や，全活動の要素を持つコーディング演習(問題に対して直接プログラムを打ち込み，実行する演習)等も行う必要があるという立ち位置である．しかし，大学等教育機関の授業時間は限られており，その中で全てのプログラミング活動を行うことは，学習者に大変大きな負荷がかかる．学習者によっては文法やタイピング等への負荷が大きくなるために，アルゴリズム等の学習ができないという状況に陥る可能性がある．そこでカード操作方式の学習支援システムでは，例えば，授業を文法等に集中した講義とアルゴリズム等に集中したカード操作方式に分けて行い，自宅学習等の時間でコーディング演習を行うということを考えている．

### 3. 実験方法

本研究の目的は，学習効果の観点から，カード順列に基づくフィードバック機能の有用性は問題難易度に依存するか/そうでないかを明らかにすることである．以下に実験手順の流れ及び内容を示す．被験者は，情報学を学びC言語の基礎を習得している大学生2-4年生20人とする．まず理解度を図るプレテストを行い，学力水準が平等になるように実験群と統制群に分ける．次に従来システムで学習を行う．学習時間は1問20分の合計60分とする．学習問題は行列の転置，選択ソート，クイックソートとする．学習者は必要に応じて正誤診断を行うことができる．正誤診断の際，実験群ではカード順列のフィードバックは無し(実行結果のみ)，統制群は，カード順列のフィードバックと共に実行結果を確認できる．最後にポストテストを解いてもらう．回答時間は1問10分の合計30分とする．学習後，ポストテストを行う．ポストテストで使用する問題は，2群ともに同じ内容を3問出題し，問題難易度は，被験者の水準に合わせ，普通(行列の転置)，難解(選択ソート)，

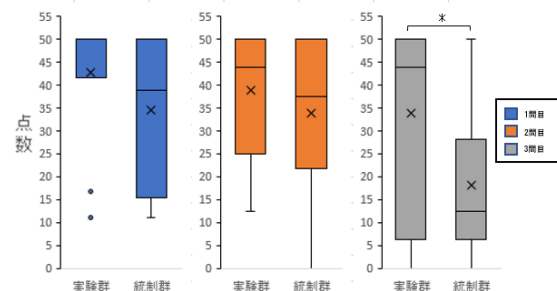


図2 ポストテストの結果

非常に難解(クイックソート)，の3種類とする．普通の問題ではfor文，難解な問題ではfor文とif文，非常に難解な問題ではfor文とif文とwhile文を使用する．

### 4. 実験結果

結果を図2に示す． $p<.05$ で有意差が見られた場合は\*を図内に表記している．またエラーバーは標準偏差を表す．実験結果からt検定(片側)を行い，有意水準( $p<.05$ )で2群の差を調査した結果，3問目の場合，実験群は統制群に比べ有意に高い結果が出た．このことから，非常に難解な問題では，カード順列によるフィードバックが適切な学習を阻害していた可能性が確認された．その原因として，カード順列に基づきフィードバックされた3パターンの色情報のみを頼りに，思考せず網羅的に探索し正解を得ていた可能性が示唆された．

### 5. おわりに

本研究では，多様な難易度の課題を学習者に提示することで，カード操作方式による学習支援システムにおいて，フィードバックとして与えられたヒントのみを頼りに網羅的に探索することの合理性を明らかにした．

### 謝辞

本研究は，独立行政法人日本学術振興会科学研究費助成事業(基盤研究(C)20K0319, No.19K02987)の助成を受けて実施した成果の一部である．ここに記して謝意を表します．

### 参考文献

- (1) 松本慎平, 林雄介, 平嶋宗. 部分間の関係を考えることに焦点を当てたカード操作によるプログラミング学習システムの開発. 電気学会論文誌C(電子・情報・システム部門誌), Vol. 138, No. 8, pp. 999-1010, 2018.
- (2) Shoko Morinaga, Shimpei Matsumoto, Yusuke Hayashi, and Tsukasa Hirashima. A new concept of distance modified by levenshtein distance for clarifying the learning processes in card operation-based programming learning support system. pp. 310-313, 2019.